

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-214750

(P2000-214750A)

(43)公開日 平成12年8月4日(2000.8.4)

(51)Int.Cl.⁷G 0 3 H 1/08
G 1 1 C 13/04

識別記号

F I

G 0 3 H 1/08
G 1 1 C 13/04

テーマコード(参考)

2 K 0 0 8

C

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全10頁)

(21)出願番号

特願平11-15871

(22)出願日

平成11年1月25日(1999.1.25)

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 浜野 智恒

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 北村 滉

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74)代理人 100091476

弁理士 志村 浩

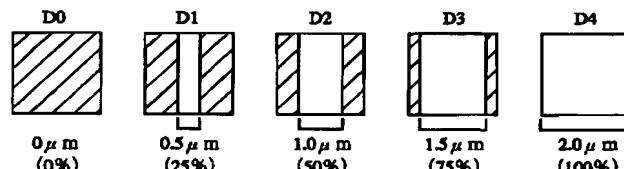
Fターム(参考) 2K008 AA01 BB00 FF14 FF27

(54)【発明の名称】 計算機プログラムおよびその作成方法

(57)【要約】

【課題】 媒体上には二値画像として干渉縞を記録しつつ、品質の高い階調画像を再現する。

【解決手段】 原画像、記録面、参照光を定義し、記録面上に縦横2μmピッチで多数の演算点を定義する。個々の演算点について、原画像から発せられた物体光と参照光とによって形成される干渉波の強度を演算する。一方2μmの正方形からなる単位領域を画素値「白」をもった第1の領域と画素値「黒」をもった第2の領域とに分割することにより定義される二値パターンD0～D4を、第1の領域の占有率(0%～100%)を変えることにより5通り定義する。記録面上の各演算点の位置に、それぞれ各演算点についての干渉波強度に対応した占有率を有する二値パターンを割り付けて二値画像を得る。この二値画像を電子線で媒体上に描画し、凹部と凸部とを有する計算機プログラム媒体を作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 計算機を用いた演算により所定の記録面上に干渉縞を形成してなる計算機ホログラムを作成する方法であって、
所定の原画像と、この原画像を記録するための記録面と、この記録面に対して照射する参照光とを定義する段階と、
前記記録面上に多数の演算点を定義し、個々の演算点について、前記原画像上に定義された光源から発せられた物体光と、前記参照光とによって形成される干渉波の強度を演算する段階と、
一定の形状および大きさをもった単位領域を第1の画素値をもった第1の領域と第2の画素値をもった第2の領域とに分割することにより定義される二値パターンを、前記単位領域に対する前記第1の領域の占有率を変えることにより複数通り定義する段階と、
前記各演算点の位置に、それぞれ各演算点についての干渉波強度に対応した前記占有率を有する二値パターンを割り付ける段階と、
前記記録面上に割り付けられた二値パターンの集合からなる二値画像に基づいて、媒体上に物理的な干渉縞を作成する段階と、
を有することを特徴とする計算機ホログラムの作成方法。

【請求項2】 請求項1に記載の作成方法において、単位領域として矩形を用い、前記単位領域の縦幅に等しい縦幅を有し、所定の占有率に応じた横幅を有する矩形からなる第1の領域を、前記単位領域の横幅に関するほぼ中心位置に配置し、残りの部分を第2の領域とすることにより二値パターンを形成することを特徴とする計算機ホログラムの作成方法。

【請求項3】 請求項2に記載の作成方法において、所定の解像度をもった描画装置を用いたビーム走査により、媒体上に物理的な干渉縞を形成するようにし、個々の二値パターンにおける第1の領域を構成する矩形の横幅寸法が、前記描画装置による描画が可能な範囲内で予め定められた所定の単位寸法の整数倍になるように設定したことを特徴とする計算機ホログラムの作成方法。

【請求項4】 請求項3に記載の作成方法において、単位領域を構成する矩形の横幅寸法が、単位寸法のn倍となるように設定し（nは整数）、第1の領域を構成する矩形の横幅寸法が、それぞれ単位寸法の0倍、1倍、2倍、…、n倍となるような（n+1）通りの二値パターンを用意し、これらの二値パターンを、（n+1）段階に区分けされた干渉波強度にそれぞれ対応づけて割り付けることを特徴とする計算機ホログラムの作成方法。

【請求項5】 請求項2～4のいずれかに記載の作成方法において、演算点の縦方向のピッチに等しい縦幅を有し、演算点の横方向のピッチに等しい横幅を有する矩形を単位領域と

して用い、全単位領域に共通した基準点を定め、各基準点が各演算点上に配置されるように個々の二値パターンの割り付けを行い、記録面の全面にわたって二値パターンが割り付けられるようにしたことを特徴とする計算機ホログラムの作成方法。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の計算機ホログラムの作成方法における二値画像の作成段階に至るまでの工程を、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体。

【請求項7】 請求項1～5のいずれかの作成方法によって作成された計算機ホログラムを記録してなる計算機ホログラム媒体。

【請求項8】 計算機を用いた演算を利用して、所定の媒体上に原画像を凹凸構造をなす干渉縞として記録した計算機ホログラム媒体において、媒体上に多数の単位領域が定義されており、この媒体上の各単位領域はそれぞれが第1の領域と第2の領域とに分けられており、前記第1の領域と前記第2の領域とは、一方が凸部、他方が凹部をなす関係にあり、各単位領域に対する前記第1の領域の占有率によって当該単位領域の位置における干渉波強度が表現されていることを特徴とする計算機ホログラム媒体。

【請求項9】 請求項8に記載の計算機ホログラム媒体において、

各単位領域が矩形からなり、この単位領域の縦幅に等しい縦幅を有し、所定の占有率に応じた横幅を有する矩形からなる第1の領域が、個々の単位領域の横幅に関するほぼ中心位置に配置され、残りの部分によって第2の領域が形成されていることを特徴とする計算機ホログラム媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はホログラムの作成方法に関し、特に、計算機を用いた演算により所定の記録面上に干渉縞を形成してなる計算機ホログラムを作成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、レーザを利用してコヒーレント光を容易に得ることができるようになり、ホログラムの商業的な利用もかなり普及するに至っている。特に、金券やクレジットカードについては、偽造防止の観点から、媒体の一部にホログラムを形成するのが一般化している。

【0003】 現在、商業的に利用されているホログラムは、光学的な手法により、原画像を媒体上に干渉縞として記録したものである。すなわち、原画像を構成する物体を用意し、この物体からの光と参照光とを、レンズなどの光学系を用いて感光剤が塗布された記録面上に導き、この記録面上に干渉縞を形成させるという手法を採っている。この光学的な手法は、鮮明な再生像を得るた

めに、かなり精度の高い光学系を必要とするが、ホログラムを得るために最も直接的な手法であり、産業上では最も広く普及している手法である。

【0004】一方、計算機を用いた演算により記録面上に干渉縞を形成させ、ホログラムを作成する手法も知られており、このような手法で作成されたホログラムは、一般に「計算機合成ホログラム（CGH：Computer Generated Hologram）」、あるいは単に「計算機ホログラム」と呼ばれている。この計算機ホログラムは、いわば光学的な干渉縞の生成プロセスをコンピュータ上でシミュレーションすることにより得られるものであり、干渉縞パターンを生成する過程は、すべてコンピュータ上の演算として行われる。このような演算によって干渉縞パターンの画像データが得られたら、この画像データに基づいて、実際の媒体上に物理的な干渉縞が形成される。具体的には、たとえば、コンピュータによって作成された干渉縞パターンの画像データを電子線描画装置に与え、媒体上で電子線を走査することにより物理的な干渉縞を形成する方法が実用化されている。

【0005】コンピュータグラフィックス技術の発展により、印刷業界では、種々の画像をコンピュータ上で取り扱うことが一般化しつつある。したがって、ホログラムに記録すべき原画像も、コンピュータを利用して得られた画像データとして用意することができれば便利である。このような要求に応えるためにも、計算機ホログラムを作成する技術は重要な技術になってきており、将来は光学的なホログラム作成手法に取って代わる技術になるであろうと期待されている。このような計算機ホログラムを商用ベースで利用するための技術は、たとえば、特願平8-131655号明細書、特願平8-277931号明細書、特願平9-189229号明細書、特願平9-189230号明細書、特願平9-189231号明細書、特願平10-022604号明細書などに開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、計算機ホログラムは、今後大きな需要が見込まれる分野であるが、現時点では、商業的な利用を図る上での解決すべき課題をいくつか抱えている。ひとつの大きな課題は、品質の高い階調画像を再現できるようにするという点である。従来の手法により作成された計算機ホログラムには、光学的ホログラムに比べて階調画像の再現品質が低下するという問題がある。

【0007】光学的な手法でホログラムを作成する場合、いわゆる写真技術を利用して、感光フィルム上にアナログ画像として干渉縞を記録することが可能であるため、階調画像についても高品質で再現することが可能である。これに対して、計算機による演算を用いた手法でホログラムを作成する場合、コンピュータ上に得られたデジタル画像データに基づいて、媒体上に物理的な干渉

縞を形成する必要がある。ところが、干渉縞パターンは、光の波長レベルの微細なパターンであるため、かなり高精度な描画技術が必要になる。現在のところ、計算機ホログラムを作成するための物理的な描画工程には、電子線描画装置を用いた描画を行うのが最適であると考えられている。電子線描画装置は、半導体集積回路用の微細パターンの描画に広く利用されており、干渉縞パターンの描画に必要十分な精度をもっている。ただ、電子線描画装置は電子ビームのオン／オフ制御によりパターン形成を行う装置であり、パターン形成面に対して、電子ビームによる描画／非描画の制御しか行うことはできない。したがって、媒体上には二値画像による干渉縞、すなわち、凹部領域と凸部領域との2つの領域からなるパターン形成が行われることになる。

【0008】このように、本来得られるべきアナログの干渉縞パターンを、二値画像によるデジタルパターンとして記録すると、原画像が有していた階調情報を十分に記録することができなくなり、高品質の階調画像を再現することができなくなる。もちろん、計算機を用いて記録面上に階調をもった干渉縞を形成し、この階調を物理的な媒体上に凹部の深さや凸部の高さの情報として記録することができれば、十分な品質の階調画像を再現することも可能ではある。しかしながら、電子線描画装置を用いた描画により原版を作成し、この原版をスタンプとして用いてホログラム記録媒体を量産するという現実的なプロセスにおいては、二値画像によって干渉縞を記録せざるを得ない。

【0009】そこで本発明は、媒体上には二値画像として干渉縞を記録しつつ、品質の高い階調画像を再現することができる計算機ホログラムの作成方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】(1) 本発明の第1の態様は、計算機を用いた演算により所定の記録面上に干渉縞を形成してなる計算機ホログラムを作成する方法において、所定の原画像と、この原画像を記録するための記録面と、この記録面に対して照射する参照光とを定義する段階と、記録面上に多数の演算点を定義し、個々の演算点について、原画像上に定義された光源から発せられた物体光と、参照光とによって形成される干渉波の強度を演算する段階と、一定の形状および大きさをもった単位領域を第1の画素値をもった第1の領域と第2の画素値をもった第2の領域とに分割することにより定義される二値パターンを、単位領域に対する第1の領域の占有率を変えることにより複数通り定義する段階と、各演算点の位置に、それぞれ各演算点についての干渉波強度に対応した第1の領域の占有率を有する二値パターンを割り付ける段階と、記録面上に割り付けられた二値パターンの集合からなる二値画像に基づいて、媒体上に物理的な干渉縞を作成する段階と、を行うようにしたものであ

る。

【0011】(2) 本発明の第2の態様は、上述の第1の態様に係る計算機ホログラムの作成方法において、単位領域として矩形を用い、この単位領域の縦幅に等しい縦幅を有し、所定の占有率に応じた横幅を有する矩形からなる第1の領域を、単位領域の横幅に関するほぼ中心位置に配置し、残りの部分を第2の領域とすることにより二値パターンを形成するようにしたものである。

【0012】(3) 本発明の第3の態様は、上述の第2の態様に係る計算機ホログラムの作成方法において、所定の解像度をもった描画装置を用いたビーム走査により、媒体上に物理的な干渉縞を形成するようにし、個々の二値パターンにおける第1の領域を構成する矩形の横幅寸法が、描画装置による描画が可能な範囲内で予め定められた所定の単位寸法の整数倍になるように設定したものである。

【0013】(4) 本発明の第4の態様は、上述の第3の態様に係る計算機ホログラムの作成方法において、単位領域を構成する矩形の横幅寸法が、単位寸法のn倍となるように設定し(nは整数)、第1の領域を構成する矩形の横幅寸法が、それぞれ単位寸法の0倍、1倍、2倍、…、n倍となるような(n+1)通りの二値パターンを用意し、これらの二値パターンを、(n+1)段階に区分けされた干渉波強度にそれぞれ対応づけて割り付けるようにしたものである。

【0014】(5) 本発明の第5の態様は、上述の第2～第4の態様に係る計算機ホログラムの作成方法において、演算点の縦方向のピッチに等しい縦幅を有し、演算点の横方向のピッチに等しい横幅を有する矩形を単位領域として用い、全単位領域に共通した基準点を定め、各基準点が各演算点上に配置されるように個々の二値パターンの割り付けを行い、記録面の全面にわたって二値パターンが割り付けられるようにしたものである。

【0015】(6) 本発明の第6の態様は、上述の第1～第5の態様に係る計算機ホログラムの作成方法における二値画像の作成段階に至るまでの工程を、コンピュータに実行させるためのプログラムを、コンピュータ読取り可能な記録媒体に記録するようにしたものである。

【0016】(7) 本発明の第7の態様は、上述の第1～第5の態様に係る計算機ホログラムの作成方法によって作成されたホログラムを、物理的な媒体上に記録するようにしたものである。

【0017】(8) 本発明の第8の態様は、計算機を用いた演算を利用して、所定の媒体上に原画像を凹凸構造をなす干渉縞として記録した計算機ホログラム媒体において、媒体上に多数の単位領域が定義されており、この媒体上の各単位領域はそれぞれが第1の領域と第2の領域とに分けられており、第1の領域と第2の領域とは、一方が凸部、他方が凹部をなす関係にあり、各単位領域に対する第1の領域の占有率によって当該単位領域の位

置における干渉波強度が表現されているようにしたものである。

【0018】(9) 本発明の第9の態様は、上述の第8の態様に係る計算機ホログラム媒体において、各単位領域が矩形からなり、この単位領域の縦幅に等しい縦幅を有し、所定の占有率に応じた横幅を有する矩形からなる第1の領域が、個々の単位領域の横幅に関するほぼ中心位置に配置され、残りの部分によって第2の領域が形成されているようにしたものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示する実施形態に基づいて説明する。

【0020】§1. 従来の一般的な計算機ホログラムの作成方法

図1は、一般的なホログラムの作成方法を示す原理図であり、原画像10を記録面20上に干渉縞として記録する方法が示されている。ここでは、説明の便宜上、図示のとおりXYZ三次元座標系を定義し、記録面20がXY平面上に置かれているものとする。光学的な手法を採る場合、記録対象となる物体が原画像10として用意されることになる。この原画像10上の任意の点Pから発せられた物体光Oは、記録面20の全面に向けて進行する。一方、記録面20には、参照光Rが照射されており、物体光Oと参照光Rとの干渉縞が記録面20上に記録されることになる。

【0021】記録面20の位置に計算機ホログラムを作成するには、原画像10、記録面20、参照光Rを、コンピュータ上にデータとしてそれぞれ定義し、記録面20上の各位置における干渉波強度を演算すればよい。具体的には、図2に示すように、原画像10をN個の点光源P1, P2, P3, …, Pi, …, PNの集合として取り扱い、各点光源からの物体光O1, O2, O3, …, Oi, …, ONが、それぞれ演算点Q(x, y)へと進行するとともに、参照光Rが演算点Q(x, y)に向けて照射されたものとし、これらN本の物体光O1～ONと参照光Rとの干渉によって生じる干渉波の演算点Q(x, y)の位置における振幅強度を求める演算を行えばよい。物体光および参照光は、通常、単色光として演算が行われる。記録面20上には、必要な解像度に応じた多数の演算点を定義するようにし、これら各演算点のそれぞれについて、振幅強度を求める演算を行えば、記録面20上には干渉波の強度分布が得られることになる。

【0022】このような強度分布を示す画像データに基づいて、実際の媒体上に物理的な濃淡パターンやエンボスパターンを形成すれば、原画像10を干渉縞として記録したホログラムが作成できる。媒体上に高解像度の干渉縞を形成する手法としては、電子線描画装置を用いた描画が適している。電子線描画装置は、半導体集積回路のマスクパターンを描画する用途などに広く利用されて

おり、電子線を高精度で走査する機能を有している。そこで、演算によって求めた干渉波の強度分布を示す画像データを電子線描画装置に与えて電子線を走査すれば、この強度分布に応じた干渉縞パターンを描画することができる。

【0023】ただ、一般的な電子線描画装置は、描画／非描画を制御することにより二値画像を描画する機能しか有していない。そこで、演算によって求めた強度分布を二値化して二値画像を作成し、この二値画像データを電子線描画装置に与えるようにすればよい。

【0024】図3は、このような二値化処理を用いて干渉縞パターンを記録する方法の概念図である。上述した演算により、記録面20上の各演算点Q(x, y)には、所定の干渉波強度値、すなわち干渉波の振幅強度値が定義されることになる。たとえば、図3(a)に示す演算点Q(x, y)にも、所定の振幅強度値が定義される。そこで、この振幅強度値に対して所定のしきい値(たとえば、記録面20上に分布する全振幅強度値の平均値)を設定し、このしきい値以上の強度値をもつ演算点には画素値「1」を与え、このしきい値未満の強度値をもつ演算点には画素値「0」を与えるようにする。したがって、図3(a)に示す演算点Q(x, y)には、「1」か「0」のいずれかの画素値が定義されることになる。そこで、図3(b)に示すように、この演算点Q(x, y)の位置に単位領域U(x, y)を定義し、この単位領域U(x, y)を「1」か「0」のいずれかの画素値をもった画素として取り扱うようにすれば、所定の二値画像を得ることができる。この二値画像のデータを電子線描画装置に与えて描画を行えば、物理的な二値画像として干渉縞を描画することができる。実際には、この物理的に描画された干渉縞に基づいて、たとえばエンボス版を作成し、このエンボス版を用いたエンボス加工を行うことにより、表面に干渉縞が凹凸構造として形成されたホログラムを量産することができる。図4は、横方向に隣接配置された6個の演算点の位置に、それぞれ単位領域U1～U6(画素)を定義して二値画像を形成し、この二値画像を用いてエンボス版30(図には側断面を示す)を形成した例を示している。図示の例では、単位領域U1, U3, U5, U6は画素値「1」を有し、エンボス版30上の対応位置には凹部が形成されており、単位領域U2, U4は画素値「0」を有し、エンボス版30上の対応位置には凸部が形成されている。このようなエンボス版30を用いたエンボス加工を行えば、凹凸の関係が逆になったホログラム記録媒体を量産することができる。

【0025】図4では、エンボス版30上の凹凸構造と、各単位領域に定義された画素値との関係を示す便宜上、6つの単位領域U1～U6が一次元配列をなす単純な例を示したが、実際には、各単位領域は記録面20上で二次元配列をなしている。図5には、記録面20上に

二次元配列された単位領域U1～U24が示されている。この例では、いずれの単位領域も、一辺が2μmの正方形となっているが、これは、記録面20上に定義された演算点Q1～Q24が縦横に2μmピッチで配置されているためである。記録面20上に定義される演算点は、いわば干渉波強度のサンプル点としての機能を果たすことになるので、原画像10上に定義された点光源のピッチ、原画像10と記録面20との距離、参照光Rの方向、波長などの光学的な条件設定を考慮して、干渉縞を記録するのに最適なピッチで配置すればよい。図5に示す例では、演算点Qのピッチは縦横とともに2μmとしているが、縦横のピッチを変えるようにしてもよい(この場合、各単位領域は長方形となる)。また、図5に示す例では、正方形の単位領域の中心点が各演算点上に重なるように、個々の単位領域を個々の演算点上に配置しているが、単位領域と演算点との位置関係は、必ずしもこのとおりにする必要はない。たとえば、各単位領域の左上隅点を基準点として定め、この左上隅点の基準点が演算点上に重なるように、個々の単位領域を配置してもかまわない。

【0026】上述したように、この図5に示す各演算点Q1～Q24には、それぞれ所定の干渉波強度値が演算される。そして、従来の一般的な手法では、各強度値は、所定のしきい値に基づいて二値化され、「1」または「0」の画素値に変換される。そこで、たとえば、画素値「1」が定義された演算点Qを含む単位領域Uを白画素、画素値「0」が定義された演算点Qを含む単位領域Uを黒画素として取り扱えば、白黒の二値画像が得られることになる。この二値画像に基づいて、白画素の部分を凹部、黒画素の部分を凸部(あるいはその逆)とする物理的な凹凸構造を形成すれば、ホログラム媒体が得られることになる。

【0027】§2. 本発明に係る計算機ホログラムの作成方法

前述した従来の一般的な計算機ホログラムの作成方法では、各単位領域に割り付けられるのは、白画素か黒画素かのいずれかに限定されることになるため、演算により求められた干渉波強度の階調値は失われてしまう。たとえば、記録面上に縦横等ピッチで64個の演算点を8行8列の二次元配列で定義し、各演算点位置における干渉波の強度値を、0～7の8段階の階調値として求めた場合に、図6に示すような結果が得られたとしよう。前述した従来の手法では、このような8段階の階調値を図7に示すように二値化し(たとえば、4以上を「1」、4未満を「0」とする)、「1」の部分には白画素を、「0」の部分には黒画素を、それぞれ割り付けることにより、図8に示すような二値画像を作成することになる。このような二値画像を用いて媒体上に物理的な凹凸構造を形成し、ホログラム記録媒体を作成した場合、そこから得られる再生像には、十分な階調表現がなされな

くなる。これは、そのようなホログラム記録媒体には、干渉波強度の階調値が記録されていないためである。

【0028】本発明の基本的技術思想は、各単位領域に割り付ける画素として、階調をもった複数の画素を予め用意しておき、干渉波強度の値に応じて、特定の階調をもった画素を割り付けるようにすることにより、干渉波強度の階調値を記録する点にある。ただし、電子線描画装置などによる描画手法を利用する上では、各単位領域に割り付けるパターンは、あくまでも二値パターンにする必要がある。そこで、本発明では、単位領域を第1の画素値をもった第1の領域と第2の画素値をもった第2の領域とに分割することにより定義される二値パターンを、「単位領域に対する第1の領域の占有率」を変えることにより複数通り用意しておき、各演算点の位置に、それぞれ各演算点についての干渉波強度に対応した占有率（「単位領域に対する第1の領域の占有率」）を有する二値パターンを割り付けるようにしたのである。

【0029】これを具体例で示そう。たとえば、図9に示すように、5種類の二値パターンD0～D4を予め用意しておく。いずれの二値パターンも、一辺が $2\mu\text{m}$ の正方形からなる単位領域内のパターンであり、第1の画素値「1」をもった第1の領域（図では白い部分）と、第2の画素値「0」をもった第2の領域（図ではハッチングが施された部分）とによって構成されている。もともと、二値パターンD0には第2の領域のみしか含まれておらず、二値パターンD4には第1の領域のみしか含まれていないが、これは便宜上、他方の領域の面積が0である特別な場合と考えることにする。ここで、「単位領域（正方形全体）に対する第1の領域（白い部分）の占有率」に着目すると、二値パターンD0, D1, D2, D3, D4についての当該占有率は、それぞれ0%, 25%, 50%, 75%, 100%となる。

【0030】いずれの二値パターンにおいても、図示のとおり、第1の領域（白い部分）は、単位領域（正方形全体）の縦幅に等しい縦幅を有し、所定の占有率に応じた横幅を有する矩形から構成されており、しかもこの第1の領域を構成する矩形は、単位領域の横幅に関する中心位置に配置されている。そして、単位領域内の第1の領域が配置された残りの部分が第2の領域（ハッチングが施された部分）となっている。このような形態をもった二値パターンを用いるメリットについては後述する。

【0031】さて、こうして用意された5種類の二値パターンD0～D4を、記録面上の各演算点位置に選択的に割り付けることにより、各演算点における干渉波強度を5段階の階調によって表現することが可能になる。図6に示す例では、各演算点における干渉波強度は、0～7の8段階の強度値として与えられている。この8段階の強度値に、5種類の二値パターンD0～D4を割り当てるためには、たとえば、強度値0, 1については二値パターンD0、強度値2, 3については二値パターンD

1、強度値4については二値パターンD2、強度値5については二値パターンD3、強度値6, 7については二値パターンD4といった対応関係を予め定義しておけばよい。図10は、上述の対応関係に基づいて、図6に示す各強度値に対応する二値パターンを割り付けて得られる二値画像の一例を示す図である。図8に示す従来の方法により得られる二値画像と比較すると、いずれも二値画像であることに変わりはないものの、各演算点における干渉波強度値が階調情報をもったまま表現されていることがわかる。

【0032】この図10に示すような二値画像が得られたら、この二値画像に基づいて、媒体上に物理的な干渉縞を形成すれば、品質の高い階調画像を再現することが可能な計算機ホログラム媒体が得られる。具体的には、図10における黒い部分を凸部、白い部分を凹部（またはその逆）とするエンボス構造を媒体上に形成すればよい。実際には、このような二値画像の形成は、電子線描画装置を用いた電子ビーム走査によって行うのが好ましい。現在、一般的に利用されている電子線描画装置における電子ビームのスポット径は $0.05\mu\text{m}$ 程度、その走査精度は $0.01\mu\text{m}$ 程度であり、図9に示すような寸法構成をもった二値パターンであれば十分に描画可能である。もちろん、図10に示すような二値画像を得るまでの工程は、所定のプログラムを組み込んだコンピュータによって行われ、このコンピュータによって作成された二値画像データを電子線描画装置に与えることにより、実際の物理的な描画処理が行われることになる。

【0033】§3. 用意すべき二値パターンの構成

図9に、本発明で利用できる5種類の二値パターンD0～D4の一構成例を示した。ここでは、図11～図13を参照しながら、二値パターンD0～D4についてのいくつかのバリエーションを示すとともに、図9に示す二値パターンD0～D4がもつ特有のメリットについて述べることにする。図11～図13に示す二値パターンの構成例は、いずれも正方形の単位領域を第1の画素値をもった第1の領域（白い部分）と第2の画素値をもった第2の領域（ハッチングを施した部分）とに分割することにより定義される二値パターン群であり、この点においては、図9に示す二値パターンの構成と同じである。しかも、単位領域全体に対する第1の領域の占有率は、いずれの構成例においても、D0:0%, D1:25%, D2:50%, D3:75%, D4:100%となっている。

【0034】ただし、第1の領域（白い部分）を構成する図形の形状には、各構成例によって若干の相違がある。たとえば、図9に示す構成例では、第1の領域は縦幅が一定（単位領域の縦幅と同じ）で、横幅がそれぞれ異なる矩形によって構成されている。これに対して、図11に示す例では、単位領域を4分割した正方形を組み合わせた合成图形によって、第1の領域が形成されてい

る。また、図12および図13に示す例では、第1の領域はそれぞれ大きさの異なる正方形によって形成されている。一方、第1の領域の配置位置に着目すると、図9に示す構成例および図13に示す構成例では、単位領域の中心位置に第1の領域が配置されている（別言すれば、単位領域の重心と第1の領域の重心とが同一位置にきている）のに対し、図11に示す構成例および図12に示す構成例では、単位領域内に第1の領域が偏在している。

【0035】このように、二値パターンの構成例には種々のバリエーションがあるものの、実用上は、図9に示す構成例が最も好ましい。その理由は次のとおりである。まず、第1の領域の配置位置の観点からは、単位領域の中心位置に第1の領域が配置されているのが好ましい。なぜなら、本来であれば、この二値パターンは演算点の位置に記録されるべき情報であり、占有率によって記録情報が偏在する二値パターンを用いると、空間的に正確な情報記録ができなくなるためである。したがって、この観点からは、図11および図12に示す構成例は好ましくない。

【0036】一方、図13に示す構成例は、第1の領域が常に中心に配置されており、情報が偏在して記録されるという問題は生じない。しかも、第1の領域の形状は常に正方形となっており、一見したところ、図9に示す構成例よりも優れているように見える。しかしながら、実用上の観点からは、図9に示す構成例に比べて大きな問題を抱えている。それは、描画処理上の技術的な問題である。たとえば、図13に示す構成例において、単位領域を一辺が $2\mu\text{m}$ の正方形とした場合、二値パターンD1における第1の領域は、一辺が $1\mu\text{m}$ の正方形となり、これを描画する上では特に問題は生じない。ところが、二値パターンD2における第1の領域は一辺がルート $2\mu\text{m}$ の正方形とする必要があり、二値パターンD3における第1の領域は一辺がルート $3\mu\text{m}$ の正方形とする必要がある。各演算点に与えられる干渉波強度の値は、線形スケールで取り扱われるため、用意すべき二値パターンにおける第1の領域の占有率のバリエーションも、たとえば、0%, 25%, 50%, 75%, 100%のような線形スケールにするのが好ましい。ところが、図13に示す構成例では、占有率のバリエーションを線形スケールにすると、第1の領域の一辺のバリエーションが線形スケールにはならなくなる。これは、描画処理上、大きな問題になる。実際、電子線描画装置による電子ビーム走査によって、一辺が $1\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ の矩形を描画する処理は容易に行うことができるが、一辺がルート $2\mu\text{m}$ 、ルート $3\mu\text{m}$ の矩形を描画する処理は非常に困難である。

【0037】以上のような観点から、本発明を実施する上では、図9に示すような二値パターンを用いるのが最も好ましいことがわかる。これらの二値パターンでは、

第1の領域の形状は変化するものの、その中心位置は常に単位領域全体の中心位置に等しくなり、矩形の一辺は常に所定の単位寸法（図9に示す例の場合は、0.5 μm ）の整数倍となるため、電子線描画装置による描画処理も容易に行うことができる。図9に示す二値パターンの構成例を一般論として表現すると、単位領域として矩形を用い（図示の例では正方形としているが、後述する例のように長方形でもよい）、この単位領域の縦幅（図示の例では $2\mu\text{m}$ ）に等しい縦幅を有し、所定の占有率（0%, 25%, 50%, 75%, 100%）に応じた横幅（0 μm , 0.5 μm , 1.0 μm , 1.5 μm , 2.0 μm ）を有する矩形からなる第1の領域（白い部分）を、単位領域の横幅に関する中心位置に配置し、残りの部分を第2の領域（ハッチングを施した部分）とすることにより二値パターンを形成する、ということになる。

【0038】このような5種類の二値パターンを、電子線描画装置を用いたビーム走査によって物理的な媒体上に形成する際には、0.5 μm を単位寸法として定め、この単位寸法の整数倍の単位で描画を行えばよい。第1の領域を構成する矩形の横幅寸法は、いずれもこの単位寸法0.5 μm の整数倍となっているため、描画処理は非常に容易になる。もちろん、単位寸法は電子線描画装置による描画が可能な範囲内で任意に設定することができ、0.5 μm 程度に設定しても実用可能である。

【0039】なお、図9に示す構成例では、5種類の二値パターンD0～D4を用意しているが、用意する二値パターンの数は5種類に限定されるものではなく、任意に設定することができる。一般論としては、単位領域を構成する矩形の横幅寸法が、単位寸法のn倍となるように設定し（nは整数）、第1の領域を構成する矩形の横幅寸法が、それぞれ単位寸法の0倍、1倍、2倍、…、n倍となるような（n+1）通りの二値パターンを用意し、これらの二値パターンを、（n+1）段階に区分けされた干渉波強度にそれぞれ対応づけて割り付けるようにすると、非常に合理的な作業が可能になる。

【0040】図14に示す構成例は、上記一般論においてn=6に設定し、合計7通りの二値パターンを用意した例である。単位領域としては、図の左上に示されているように、縦0.2 μm 、横0.6 μm の長方形形状の領域を用意しており、その中心点を演算点Q上に配置するようにしている。この場合、記録面20上の多数の演算点は、縦方向にピッチ0.2 μm 、横方向にピッチ0.6 μm で配列されている。単位寸法は0.1 μm であり、二値パターンD0, D1, D2, D3, D4, D5, D6における第1の領域を構成する矩形の横幅寸法は、この単位寸法のそれぞれ0倍、1倍、2倍、3倍、4倍、5倍、6倍となっている。これら7通りの二値パターンは、7段階に区分けされた干渉波強度にそれぞれ対応づけて割り付けられることになる。たとえば、図6

に示す例のように、各演算点位置における干渉波の強度値が、0～7の8通りの階調値として得られた場合は、この8通りの階調値を7段階に区分けして対応づけを行えばよい。具体的には、階調値「0」、「1」、「2」、「3」、「4」、「5」、「6および7」という7段階に区分けし、各段階について、それぞれ二値パターンD0, D1, D2, D3, D4, D5, D6を対応づければよい。階調値6をもつ演算点および階調値7をもつ演算点については、いずれも同一の二値パターンD6が割り付けられることになるが、大きな問題は生じない。

【0041】以上、本発明を図示する実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、この他にも種々の態様で実施可能である。たとえば、上述の実施形態では、いずれも二値パターンの輪郭をなす単位領域を、その中心点が演算点上にくるように割り付けているが、必ずしもそのような割り付けをする必要はない。単位領域の左上隅点を基準点として定めておき、この基準点が演算点上にくるように割り付けることも可能である。また、上述の実施形態では、単位領域を構成する矩形の縦幅および横幅を、記録面上に配列された演算点の縦方向ピッチおよび横方向ピッチと同一にし、最終的に記録面の全面に隙間なく二値パターンが割り付けられるようにしているが、必要に応じて、隣接配置された二値パターン間に所定の隙間が形成されるようにしてもかまわない。更に、上述の実施形態では、原画像上の光源として点光源を用いているが、本発明を実施する上では、点光源に限らず、線光源や面光源を用いてもかまわない。

【0042】

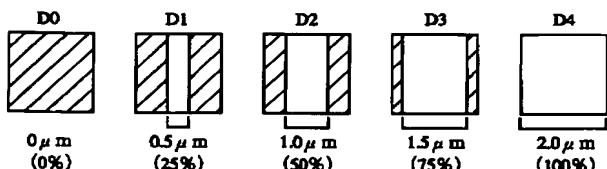
【発明の効果】以上のとおり本発明に係る計算機ホログラムの作成方法によれば、媒体上に二値画像として干渉縞を記録しつつ、品質の高い階調画像を再現することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なホログラムの作成方法を示す原理図であり、原画像10を記録面20上に干渉縞として記録する方法が示されている。

【図2】図1に示す原理に基づいて、記録面上の任意の演算点Q(x, y)における干渉波の強度を演算する方法を示す図である。

【図9】



【図3】演算によって得られた干渉波の強度分布画像に基づいて、二値画像を得る過程を示す概念図である。

【図4】単位領域U1～U6にそれぞれ二値画素値を定義し、この画素値に基づいて凹凸構造をもったエンボス版30を作成した状態を示す平面図および側断面図である。

【図5】記録面20上に格子状に配列された演算点Q1～Q24の位置に、それぞれ単位領域U1～U24を定義した状態を示す平面図である。

【図6】8×8の行列上に配置された64個の演算点について求まった干渉波強度値の一例を示す図表である。

【図7】図6に示す干渉波強度値を二値化した状態を示す図表である。

【図8】図7に示す二値化データに基づいて、従来の方法により得られる二値画像を示す平面図である。

【図9】本発明において用いられる二値パターンの構成例を示す平面図である。

【図10】図6に示す干渉波強度値データに基づいて、本発明の方法により得られる二値画像を示す平面図である。

【図11】図9に示す二値パターン構成例の第1のバリエーションを示す平面図である。

【図12】図9に示す二値パターン構成例の第2のバリエーションを示す平面図である。

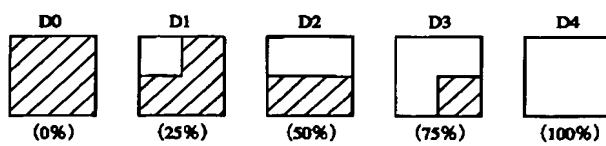
【図13】図9に示す二値パターン構成例の第3のバリエーションを示す平面図である。

【図14】本発明において利用される長方形状の単位領域を用いた二値パターンの構成例を示す平面図である。

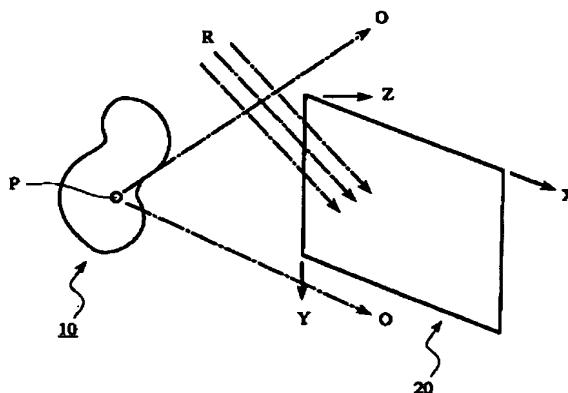
【符号の説明】

- 10…原画像
- 20…記録面
- 30…エンボス版
- D0～D6…二値パターン
- O, O1, O1, ON…物体光
- P, P1, Pi, PN…点光源
- Q, Q(x, y)…演算点
- Q1～Q24…演算点
- R…参照光
- U(x, y)…単位領域
- U1～U24…単位領域

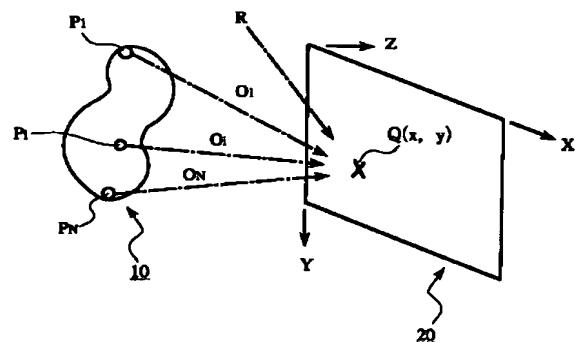
【図11】



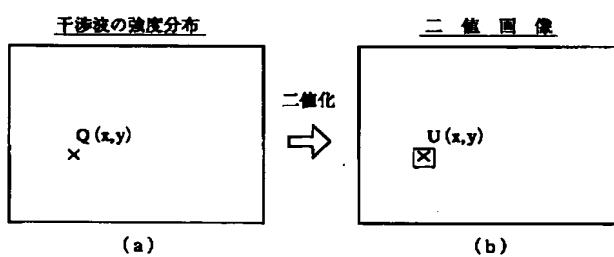
【図1】



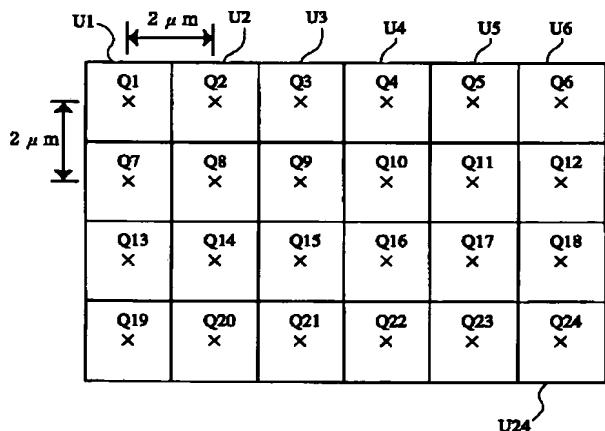
【図2】



【図3】



【図5】



【図6】

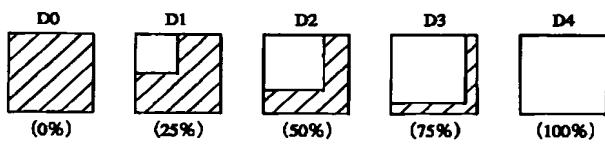
各演算点における干渉波強度							
7	3	2	4	6	7	6	4
3	2	6	2	4	6	4	2
2	1	6	6	2	4	2	5
1	6	5	5	6	2	5	6
6	5	3	3	5	6	3	5
5	3	0	3	3	3	0	3
3	0	1	0	3	0	1	0
0	1	4	1	0	1	4	1

【図7】

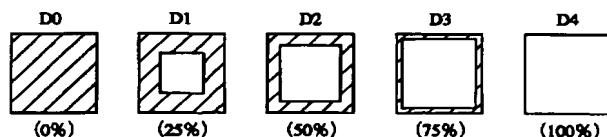
二値化された干渉波強度							
1	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0

(4以上を“1”、4未満を“0”とした場合)

【図12】



【図13】



【図8】

従来の方法により得られる二値画像



【図10】

本発明の方法により得られる二値画像



$$\left(\begin{array}{l} \text{強度値 } 0, 1 \rightarrow D_0 \\ \text{強度値 } 2, 3 \rightarrow D_1 \\ \text{強度値 } 4 \rightarrow D_2 \\ \text{強度値 } 5 \rightarrow D_3 \\ \text{強度値 } 6, 7 \rightarrow D_4 \end{array} \right)$$
 とした場合

【図14】

